

⑫ 公開特許公報(A)

平2-231775

⑬ Int. Cl.⁵

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成2年(1990)9月13日

H 01 L 31/10

7733-5F H 01 L 31/10

A

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全5頁)

⑮ 発明の名称 化合物半導体受光素子

⑯ 特 願 平1-51787

⑰ 出 願 平1(1989)3月3日

⑱ 発 明 者 香 川 修 三 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社内
⑱ 発 明 者 小 川 功 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社内
⑲ 出 願 人 富士通株式会社 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地
⑳ 復代理人 弁理士 中島 洋治

明 細 書

1. 発明の名称

化合物半導体受光素子

2. 特許請求の範囲

高濃度にドーピングされた一導電型のInP基板(1)上に、InGaAs光吸収層(3)およびInPキャップ層(4)が順次積層され、InPキャップ層(4)の表面からInGaAs光吸収層(3)に到達する、高濃度にドーピングされた反対導電型の拡散領域(6)が形成された化合物半導体受光素子において、

InPキャップ層(4)の厚さを0.1 μm 以下にする、と共に、拡散領域(6)の深さを0.7 μm 以下にした

ことを特徴とする化合物半導体受光素子。

3. 発明の詳細な説明

(概要)

InGaAs/InP PINフォトダイオードに関し、

短波長から長波長までの広い波長範囲にわたり連続して感度が得られるようにすることを目的とし、

高濃度にドーピングされた一導電型のInP基板上に、InGaAs光吸収層およびInPキャップ層が順次積層され、InPキャップ層の表面からInGaAs光吸収層に到達する、高濃度にドーピングされた反対導電型の拡散領域が形成された化合物半導体受光素子において、InPキャップ層の厚さを0.1 μm 以下にする、と共に、拡散領域の深さを0.7 μm 以下にするように構成する。

〔産業上の利用分野〕

本発明は、化合物半導体受光素子、特にInGaAs/InP PINフォトダイオードに関する。

光通信に用いられる光波長帯には、主に、次の3つがある。

①0.7~0.8 μm 帯。これは、コンパクトディスク(CD)用に関連された安価な半導体レーザを用いた、近距離・中低速光通信システムに用いら

れる。

②1.3 μm 帯。これは、光ファイバーの材料分散が零に近くなる波長帯で、長距離・大容量光通信システムに用いられる。

③1.55 μm 帯。これは、光ファイバーの伝送損失が最も小さくなる波長帯で、長距離・大容量光通信システムに用いられる。

従来、0.7～0.8 μm の短波長帯には、Siを用いた受光素子が使用され、1.3 μm あるいは1.55 μm の長波長帯には、GeあるいはInPを用いた受光素子が使用されている。

近年、同一の光ファイバーの中を短波長から長波長までの波長の異なった光を伝送させる光多重通信の実用化が進められるのに伴って、同一の素子により短波長から長波長までの全ての光を受けられることのできる受光素子が望まれている。

また、計測用の受光素子についても、短波長から長波長まで広い波長範囲にわたり連続して感度の得られるものが望まれている。

い、という問題点がある。

(従来例2)

従来例1の問題点を解決するために考えられたのが、第4図に示すInGaAs/InP PINフォトダイオードである。

第4図において、21は n^+ -InP基板、22は厚さ2～3 μm の n^- -InPバッファ層、23は厚さ2～3 μm の n^- -InGaAs光吸収層、24はSiN膜、25は p^+ 拡散領域、26は反射防止膜、27および28は電極である。

この例のInGaAs/InP PINフォトダイオードは、第3図に示したInGaAs/InP PINフォトダイオードから、0.7～0.8 μm の光を吸収してしまい、この波長帯の光に対する量子効率を悪くしていた n^- -InPキャップ層を取り除いた構造をしている。

このような構造にすれば、0.7～0.8 μm 帯の光に対する量子効率は向上するが、バンドギャップの狭い n^- -InGaAs光吸収層23が表面にさらされSiN膜24と界面を形成するために、表面準

(従来の技術)

(従来例1)

第3図は、従来のInGaAs/InP PINフォトダイオードを示す図である。

同図において、11は n^+ -InP基板、12は厚さ5～8 μm の n^- -InPバッファ層、13は厚さ2～3 μm の n^- -InGaAs光吸収層、14は厚さ約1 μm の n^- -InPキャップ層、15はSiN膜、16は n^- -InPキャップ層14の表面から n^- -InGaAs光吸収層13に到達する p^+ 拡散領域、17は反射防止膜、18および19は電極である。

第3図に示す構造のInGaAs/InP PINフォトダイオードにおいて、1.3 μm および1.55 μm の光は、 n^- -InPキャップ層14を透過し、ほぼ空乏領域となっている n^- -InGaAs光吸収層13で吸収されるので、大きな量子効率を得られる。

しかし、0.7～0.8 μm の光は、 n^- -InPキャップ層14中で吸収されてしまい、光により発生したフォトキャリアは、空乏領域まで拡散して行く間に死んでしまうため、量子効率(感度)が悪

位密度が大きくなり、暗電流が増大する、という問題が生じる。

(発明が解決しようとする課題)

従来例1のInGaAs/InP PINフォトダイオードには、 n^- -InPキャップ層が0.9 μm 以下の光を吸収してしまい、この波長帯の光に対する量子効率が悪い、という問題があった。

また、従来例1の問題点を解決した従来例2のInGaAs/InP PINフォトダイオードには、バンドギャップの狭い n^- -InGaAs光吸収層が半導体表面となりSiN膜と界面を形成するために、表面準位密度が大きくなり、暗電流が増大する、という問題があった。

本発明は、これらの問題点を解決して、短波長から長波長までの広い波長範囲にわたり連続して感度を得られるようにした化合物半導体受光素子、特にInGaAs/InP PINフォトダイオードを提供することを目的とする。

(課題を解決するための手段)

上記の目的を達成するために、本発明に係る受光素子は、高濃度にドーピングされた一導電型のInP基板上に、InGaAs光吸収層およびInPキャップ層が順次積層され、InPキャップ層の表面からInGaAs光吸収層に到達する、高濃度にドーピングされた反対導電型の拡散領域が形成された化合物半導体受光素子において、InPキャップ層の厚さを $0.1\mu\text{m}$ 以下にする、と共に、拡散領域の深さを $0.7\mu\text{m}$ 以下にするように構成する。

(作用)

本発明は、InPキャップ層が $0.9\mu\text{m}$ 以下の光を吸収してしまい、この波長帯の光に対する量子効率が悪い、という従来例1の問題点、および、バンドギャップの狭いInGaAs光吸収層が半導体表面となりSiN膜と界面を形成するために、表面単位密度が大きくなり、暗電流が増大する、という従来例2の問題点を同時に解決するためになされたものであり、そのポイントは、InPキャップ層を付けたままでも、 $0.9\mu\text{m}$ 以下の光がInGaAs光

吸収層に到達することのできる構造条件を説明する点にある。

そのために、本発明者らは、InPキャップ層の厚さを $0.1\mu\text{m}$ 、 $0.2\mu\text{m}$ および $0.35\mu\text{m}$ とし、それぞれに対して拡散領域の深さを $0.7\mu\text{m}$ および $1.3\mu\text{m}$ とした計6種類のサンプルについて、 $0.78\mu\text{m}$ の光に対する量子効率を測定した。その結果を次の表に示す。

(以下余白)

表 0.78 μm 光に対する量子効率 (%)

A B	0.1	0.2	0.35
0.7	75.0	65.0	54.0
1.3	62.0	57.0	51.0

A : InPキャップ層の厚さ (μm)

B : 拡散領域の深さ (μm)

(不純物濃度 $1 \times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ 以上の
InPモニタ・ウェハによる値)

この表から、InPキャップ層が薄くなるほど、また、拡散領域の深さが浅くなるほど、 $0.78\mu\text{m}$ 光に対する量子効率が大きくなることがわかる。

実用的な量子効率を75%以上とすると、InPキャップ層の厚さは $0.1\mu\text{m}$ 以下に、また、拡散領域の深さは $0.7\mu\text{m}$ 以下にすればよい、ということになる。

本発明は、以上の知見に基づいてなされたものであり、高濃度にドーピングされた一導電型のInP基板上に、InGaAs光吸収層およびInPキャップ層が順次積層され、InPキャップ層の表面からInGaAs光吸収層に到達する、高濃度にドーピングされた反対導電型の拡散領域が形成された化合物半導体受光素子において、InPキャップ層の厚さを $0.1\mu\text{m}$ 以下にする、と共に、拡散領域の深さを $0.7\mu\text{m}$ 以下にするように構成する。

このように構成することにより、 $0.7 \sim 0.8\mu\text{m}$ の短波長から $1.3\mu\text{m}$ および $1.55\mu\text{m}$ の長波長までの広い波長範囲にわたり連続して感度の得られるInGaAs/InP PINフォトダイオードを得ることができる。

(実施例)

第1図は、本発明の一実施例構成であるInGaAs/InP PINフォトダイオードを示す図である。

第1図において、1は n^+ -InP基板、2は n^+ -InPバッファ層、3は n^- -InGaAs光吸収層、

4はn-InPキャップ層、5はSiN膜、6はp⁺拡散領域、7は反射防止膜、8および9は電極である。

以下、第1図に示すInGaAs/InP PINフォトダイオードの作製方法を説明する。

素子の作製には、クロライドVPE法により成長させたInP/InGaAs/InPのダブル・ヘテロ構造のエピタキシャル・ウェハを用いた。成長温度は、670℃である。

n⁺-InPバッファ層2は不純物濃度 $8 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$ で厚さ2.5 μm 、n⁺-InGaAs光吸収層3は不純物濃度 $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ で厚さ1.7 μm 、n-InPキャップ層4は不純物濃度 $6 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ で厚さ0.11 μm である。このうち、n-InPキャップ層4は、素子作製の際に0.05 μm 全面エッチングするため、チップ状態における最終の厚さは0.06 μm である。

その後、プラズマCVD法によりパッシベーション膜としてのSiN膜5を形成し、受光部を穴開けし、Zn拡散を行って、p⁺拡散領域6を形成す

る。Zn拡散は、ZnP₂をソースとし、500℃、7分以下により行う。これを不純物濃度 $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 以上のInPモニタ・ウェハにより測定したところ、p⁺拡散領域6の拡散深さは、0.7 μm であった。

次いで、プラズマCVD法によりSiNを堆積させて、反射防止膜7を形成する。本実施例の反射防止膜7は、屈折率1.82で膜厚1200Åの単層膜である。これにより、0.78 μm 光に対しては98.7%の透過率が得られ、1.3 μm 光に対しては91.6%の透過率が得られる。

最後に、Ti/Pt/Auなどの電極8およびAu/Ge/Niなどの電極9を形成する。

以上の工程により得られた本実施例のInGaAs/InP PINフォトダイオードの暗電流特性を第2図に示す。通常の動作電圧5Vにおける暗電流は約30 pAであり、従来のInGaAs/InP PINフォトダイオードと比べても同じように小さい。

暗電流がバイアス電圧5V近傍で大きく増加している。これは、n⁺-InGaAs光吸収層中の電界

が $1.5 \times 10^4 \text{ V/cm}$ 以上となり、トンネル電流が発生しているためである、と考えられる。

量子効率は逆バイアス電圧領域においてほぼ一定で、0.78 μm 光に対しては76%、1.3 μm 光に対しては81%の値が得られた。

(発明の効果)

本発明によれば、0.7~0.8 μm の短波長から1.3 μm および1.55 μm の長波長までの広い波長範囲にわたり連続して感度の得られるInGaAs/InP PINフォトダイオードを得ることができる。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の一実施例構成を示す図。

第2図は暗電流特性を示す図。

第3図は従来例1を示す図。

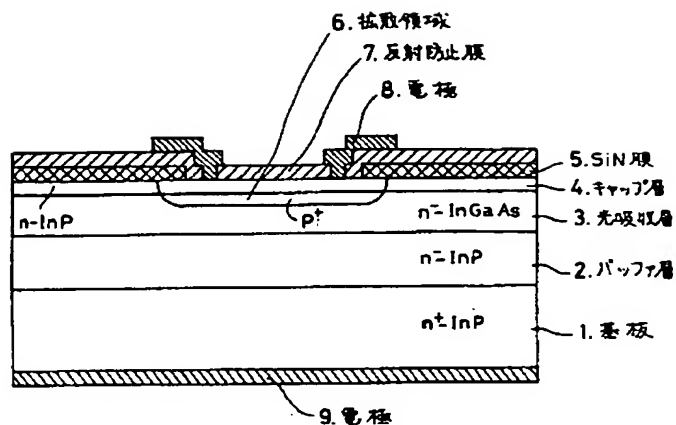
第4図は従来例2を示す図

である。

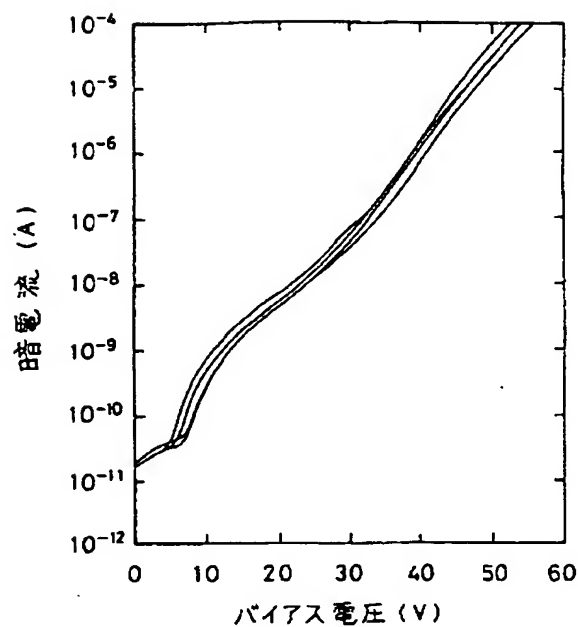
第1図において

- 1: n⁺-InP基板
- 2: n⁺-InPバッファ層
- 3: n⁺-InGaAs光吸収層
- 4: n-InPキャップ層
- 5: SiN膜
- 6: p⁺拡散領域
- 7: 反射防止膜
- 8: 電極
- 9: 電極

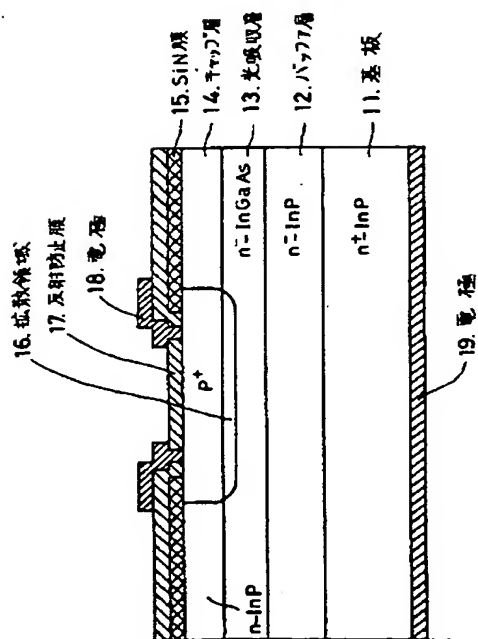
特許出願人 富士通株式会社
復代理人 弁理士 中島洋治



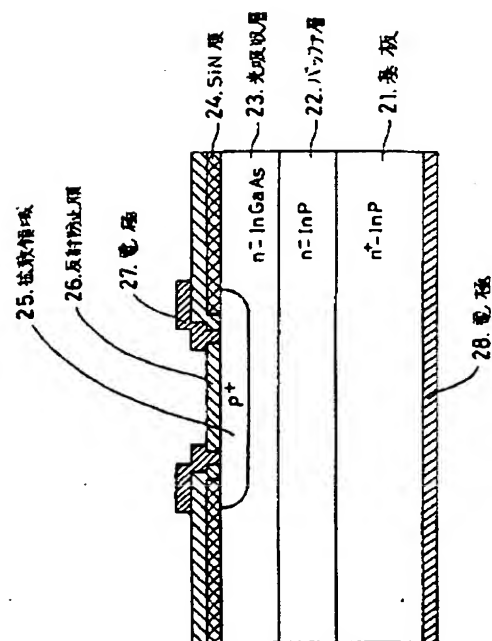
本発明の一実施例構成
第1図



暗電流特性
第2図



従来例1
第3図



従来例2
第4図